

## ОСОБЛИВОСТІ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОГО РОЗПОДІЛУ АНОМАЛІЙ ТЕМПЕРАТУРНО-ВОЛОГІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВІТРЯ В ПІВНІЧНОМУ ПОЛЯРНОМУ РЕГІОНІ

Проведені дослідження просторово-часового розподілу аномалій температурно-вологісних характеристик. Для Північної полярної області виявленні особливості розташування зон аномалій температури повітря, відношення суміші та відносної вологості в районі Новосибірських островів на 1000 гПа поверхні.

**Ключові слова:** температура повітря, відношення суміші, відносна вологість, аномалія, Північна полярна область.

Т.Е. Данова, Е.А. Мельник. **ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АНОМАЛИЙ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУХА В СЕВЕРНОМ ПОЛЯРНОМ РЕГИОНЕ.** Проведены исследования пространственно-временного распределения аномалий температурно-влажностных характеристик. Для северной полярной области выявлены особенности расположения зон аномалий температуры воздуха, отношения смеси и относительной влажности в районе Новосибирских островов на 1000 гПа поверхности.

**Ключевые слова:** температура воздуха, отношение смеси, относительная влажность, аномалия, северная полярная область.

**Вступ.** Відповідно розділу 15 звіту другої Робочої групи Четвертої оціночної доповіді Міжурядової групи експертів по змінам клімату дає широкий огляд наукових даних, які свідчать про швидкі зміни клімату наприкінці ХХ– на початку ХХІ століть та їх вплив на природні системи і суспільство і фіксуються в полярних регіонах та мають глобальне значення [1]. Відома монографія Л.П. Бурової присвячена результатам дослідження вологісних характеристик в атмосфері Північної полярної області, але ці дослідження відносяться до початку та середини минулого століття [2], тому проводяться дослідження динаміки просторово-часового розподілу температурно-вологісних характеристик Північної полярної області за період з 1958 по 2001р.

**Об'єкти та вихідні матеріали дослідження.** Використовується інформація про температуру, відношення суміші та відносну вологість повітря (далі температурно-вологісні характеристики) в дослідженому регіоні, яка є результатом моделювання і отримана з бази даних Інтернету <http://www.ecmwf.int/products/data/archive/descriptions/e4/index.html>. Для аналізу використані середньомісячні значення температурно-вологісних характеристик на стандартних ізобаричних поверхнях у вузлах регулярної сітки  $2,5 \times 2,5^\circ$  ( $0^\circ$ сх.д. –  $180^\circ$ сх.д.;  $0^\circ$ зах.д. –  $180^\circ$ зах.д.;  $90^\circ$  –  $60^\circ$ півн.ш.). European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF, Центр Рідінг, Великобританія) розширений geanalysis проект, ERA-40 за період з 1958 по 2001р.

**Методи дослідження.** Всі багаторічні ряди даних були підвергнуті первинній статистичній обробці [3]. Для аналізу багаторічних змін просторово-часового розподілу річних значень температурно-вологісних характеристик повітря Північної полярної області були розраховані

аномалії досліджених параметрів повітря арктичного регіону. Як відомо, аномалія – це відхилення значення метеорологічної величини від її середнього значення за часом або в просторі. В даному випадку ми використовували відхилення багаторічної річної величини температурно-вологісних характеристик повітря на 1000 гПа поверхні для даної місцевості від багаторічного середнього значення температури повітря на 1000 гПа поверхні для всього дослідженого регіону:  $0^\circ$ сх.д. –  $180^\circ$ сх.д.;  $0^\circ$ зах.д. –  $180^\circ$ зах.д.;  $90^\circ$  –  $60^\circ$ пн.ш. [4]. Отримані поля аномалій температурно-вологісних характеристик повітря за допомогою цілого ряду комп'ютерних програм були візуалізовані.

**Результати дослідження та їх аналіз.** Таким чином, аналізу підлягали візуалізовані середньорічні поля аномалій температурно-вологісних характеристик повітря на 1000 гПа поверхні для кожного року за період з 1958 по 2001р. В залежності від знаку відхилення ми отримали додатні та від'ємні значення аномалій, в якості прикладу використаємо дані за 2001 рік (рис. 1).

Аналіз рисунку полів аномалій середньорічних значень температурно-вологісних характеристик повітря на 1000 гПа поверхні за досліджений період з 1958 по 2001рр. показав, що на протязі досліджених 44 років в полях аномалій відбувались наступні зміни:

1 – в центрі Арктичного басейну час від часу з'являлася та зникала область відкреслена ізолінією  $-6,0^\circ\text{C}$ , або  $-9,0^\circ\text{C}$ , яка свідчить про зниження температури повітря в даному регіоні, частіші зміни стосується розповсюдження області зменшення значень відношення суміші, яка обмежена ізолінією аномалії  $-0,5$  г/кг, в центрі Арктичного басейну час від часу з'являлася та зникала область відкреслена ізо-

лінією 6%, яка свідчить про збільшення значень відносної вологості повітря в даному регіоні;

2 – досліджений регіон в різні роки характеризувався великими значеннями горизонтального градієнта температури повітря (наприклад: 1967-1968, 1972-1973pp.);

3 – в деякі роки, наприклад 1972р., спостерігається зсув  $-3,0^{\circ}\text{C}$  ізолінії до широти  $62^{\circ}$ , що свідчить про стійке проникнення на протязі року на територію Західно-Сибірської рівнини холодного арктичного повітря (рис. 1-а).

4 – в деякі роки формується зона від'ємних аномалій відносної вологості повітря над Гренландією (1968-69; 1975-76; 1982-83; 1989-90; 1996-97);

Але, загальний рисунок ізоліній (картина поля), орієнтації улоговин та гребенів, а головне – самі значення аномалій з року в рік повторюються:

1 – залишається незмінним положення  $0^{\circ}\text{C}$  (нульової) аномалії практично на всій території дослідженого регіону;

2 – на всіх картах фіксується вісь термічної улоговини, яка спрямована з Гренландії до Західно-Сибірської рівнини, а також друга, яскраво виражена вісь в районі Східно-Сибірського моря (рис. 1-а), на всіх картах фіксується зона від'ємних аномалій відношення суміші ( $-1,0$  г/кг) в районі Новосибірських островів (рис. 2-а);

3 – у всіх досліджених роках значення аномалій практично не змінюються, діапазон аномалій залишається постійним – від  $-9,0$  до  $+16,0^{\circ}\text{C}$  – для температури повітря, від  $-1,0$  до  $+3,0$  г/кг – для відношення суміші, від  $-15$  до  $+6\%$  – для відносної вологості.

4 – поле середньорічних значень відносної вологості повітря характеризується збільшеними значеннями відносно середнього за полем в центрі дослідженої області – над районом Арктичного басейну, збільшення спостерігається до 6%, та зменшенням над материковою частиною до  $-15\%$ ;

5 – у всіх досліджених роках в районі Східно-Сибірських островів спостерігається зона додатних аномалій до  $+6\%$ .

Нанесення на карту Арктичної полярної області з вказаними глибинами та висотами над рівнем моря поля аномалій середньорічних значень температури повітря на  $1000$  гПа поверхні за  $2000$  рік, дозволило виявити деякі особливості: формування двох постійно існуючих термічних улоговин пов'язано як з циркуляційним особливостями в дослідженому регіоні, так й з особливостями підстильної поверхні (рис. 1-б). Проведений аналіз полів аномалій середньорічних значень температури повітря Північної по-

лярної області дав змогу зробити деякі висновки. Відомо, що холодне повітря з Арктичного басейну проникає на територію материка циклонічними та антициклонічними утвореннями. Існування взимку стійкої термічної улоговини з Гренландії до Західно-Сибірської рівнини, пов'язане, в першу чергу, з розвитком антициклонічної циркуляції в Сибірському районі Арктики. В літку, коли Сибірський антициклон повністю зникає і замінюється теплою областю низького тиску над нагрітою територією Азії, з квітня по червень ця вісь майже зникає [5].

Складні взаємодії відбуваються між атмосферою, океаном і кріосферою. Протягом року морський лід змінює своє положення під дією океанічних течій і вітру, а також у процесі фазових переходів води. З іншого боку, від положення межі полів морського льоду залежать меридіональні контрасти температури повітря і, як наслідок, формування особливостей циркуляції атмосфери [6]. В теплий період року Арктичний басейн знаходиться під впливом слабо вираженої області низького тиску, тоді як слабкі антициклони спостерігаються над околичними районами Північного Льодовитого океану, захоплюючи сектор Тихого океану, з гребенем над морями Бофорта і Баренцовим. Влітку Алеутський мінімум слабшає і на картах баричної топографії простежується у вигляді улоговини. Ісландський мінімум теж досить слабкий. Сибірський антициклон повністю зникає і замінюється теплою областю низького тиску над нагрітою територією Азії.

Верхоянський хребет та хребет Черського, які знаходяться на шляху переміщення повітряних мас з Арктичного басейну, являються природним бар'єром, тому в цьому районі формується невеликий гребень тепла, який існує над Новосибірськими островами, на межі морів Лаптевих та Східно-Сибірського в теплий період року. Аналіз сезонних змін полів температури повітря північної полярної області проводився з використанням візуалізованих полів середньомісячних значень температури повітря [3].

Нанесення поля аномалій середньорічних значень відношення суміші на поля аномалій середньорічних значень приземної температури повітря дослідженої області показало однаковість рисунку ізоліній аномалій цих двох величин. Постійно існуюча зона від'ємних аномалій відношення суміші співпадає з гребенем додатних аномалій температури повітря над Новосибірськими островами (рис. 2-б).

Треба зробити деякі пояснення, клімат Новосибірських островів, які знаходяться в північній окраїні Азійського материка, має багато своїх особливостей. Вчасності, завдяки існу-

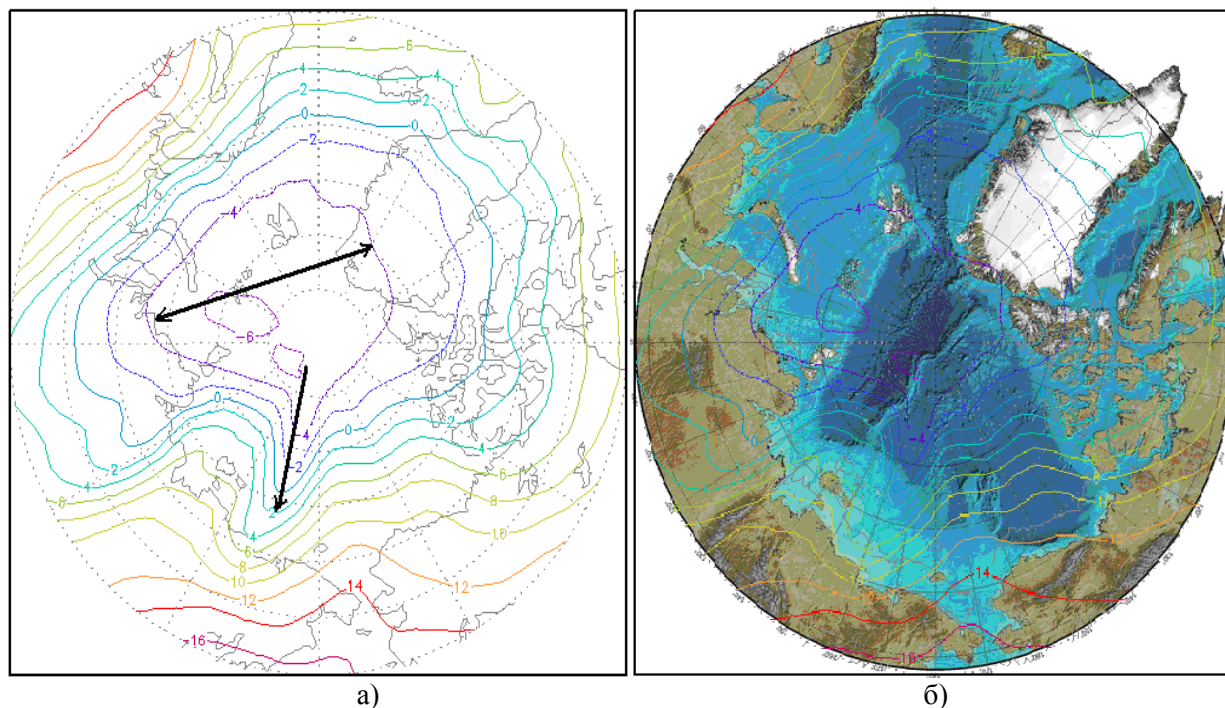


Рис. 1. (а) – поля аномалій середньорічних значень температури повітря ( $^{\circ}\text{C}$ ) на 1000 гПа поверхні, (б) – нанесення на карту Арктичної полярної області з вказаними глибинами та висотами над рівнем моря поля аномалій середньорічних значень температури повітря на 1000 гПа поверхні за 2000 рік.

ванню в морі великих площ чистої води, клімат островів взимку значно м'якший ніж клімат материка. Також клімат Новосибірського архіпелагу має мусонний характер. Літом тут переважають холодні вітри з Північно-Льодовитого океану, а взимку – холодні вітри з Азійського материка. Взагалі, клімат Новосибірських островів набагато суворіший, ніж клімат островів Європейського полярного сектору, розташованих на тих же широтах, таких як, Нова Земля, Шпіцберген, Колгуєв та інші. Це залежить від значної льодовитості арктичних морів. Завдяки мусонним вітрам взимку на островах значно тепліше, ніж на найближчому узбережжі Азійського материка. Кількість хмарності в районі Новосибірського архіпелагу невелика до початку розкриття морського льоду. Як тільки розкриваються поля льоду, кількість хмарності різко збільшується, і над островами утворюються густі тумани [7].

Таким чином, формування двох постійно існуючих термічних улоговин пов'язане як з циркуляційним особливостями в дослідженому регіоні, так й з особливостями підстильної поверхні, що призводить до виникнення над Новосибірськими островами, в зоні термічного гребеня (додатні аномалії температури повітря) зони від'ємних аномалій відношення суміші (рис. 2-б).

Було з'ясовано, що поле аномалій середньорічних значень відносної вологості повітря

характеризується збільшеними значеннями відносно середнього за полем в центрі дослідженої області – над районом Арктичного басейну, збільшення спостерігається до 6%, та зменшенням над материковою частиною до -15% (рис. 3-а). Збільшення в центрі Арктичного басейну значень відносної вологості повітря пояснюється характером підстильної поверхні – Північно-Льодовитого океану.

Формування зони від'ємних аномалій відносної вологості повітря над Гренландією (1968-69; 1975-76; 1982-83; 1989-90; 1996-97рр.) пов'язане з характером підстильної поверхні (показано стрілками на рис. 3-б). В зоні Гренландського льодовикового щита відносна вологість має дуже малі значення, іноді <30%, що в свою чергу, при від'ємних значеннях температури, викликає значне випаровування з поверхні снігу та льоду. Тому на багатьох узбережних станціях спостерігається великий дефіцит вологості, який можна пояснити впливом фену. На східних станціях відносна вологість <50% спостерігається при північно-західних та північних вітрах помірної швидкості.

Треба зробити зауваження, що формування зон від'ємних аномалій над Гренландією повторюється кожні 7 років, що мабуть пов'язане з Північно-Атлантичним коливанням, для якого характерна 5-7 річна періодичність. З Північно-Атлантичним коливанням пов'язують характер переважаючої погоди в Північній Америці,

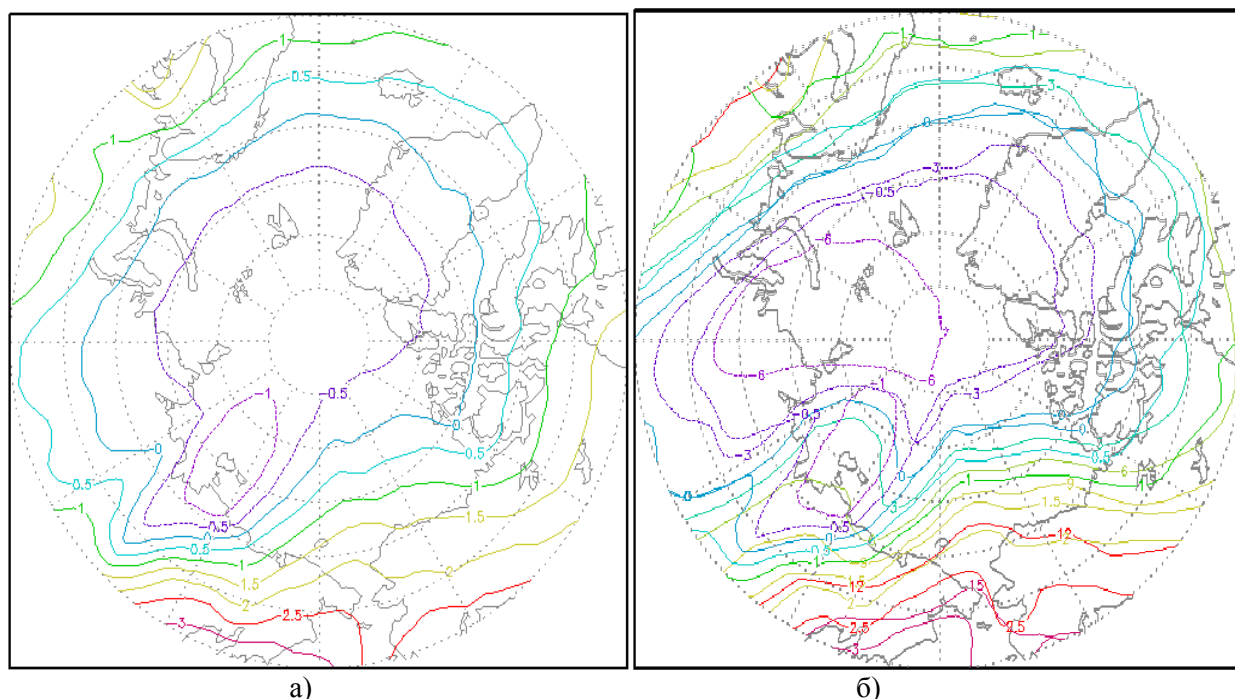


Рис. 2. а) – поле аномалій середньорічних значень відношення суміші повітря, б) – нанесення полів аномалій середньорічних значень відношення суміші (г/кг) на поля температури повітря 1000 гПа (2001р.).

Гренландії і Європі. У період, коли значення індексу високі, спостерігається посилення субтропічного максимуму тиску і поглиблення ісландського мінімуму, що призводить до великих градієнтів між цими атмосферними утвореннями і до посилення вітрів, які несуть з атлантичного океану тепле і вологе повітря до північної Європи, тоді як в Канаді і Гренландії переважає суха і холодна погода.

Також на карті чітко фіксується формування зони додатних аномалій відносної вологості повітря в області термічного гребеня над Східносибірськими островами (рис. 3-а).

Нанесення на карту Арктичної полярної області з вказаними глибинами та висотами над рівнем моря поля аномалій відносної вологості повітря на 1000 гПа поверхні за 1983 рік, дозволило виявити певні особливості: формування області від'ємних аномалій в морі Бофорта пов'язане з існуючим більшу частину року полем морського льоду в цій області Арктичного басейну (рис. 3-б).

Формування невеликого термічного гребня над Новосибірськими островами, на межі морів Лаптевих та Східно-Сибірського призводить до утворення області додатних аномалій середньорічних значень відносної вологості повітря. При нанесенні поля аномалій середньорічних значень відносної вологості повітря на поле аномалій середньорічних значень температури повітря в районі Новосибірських островів спо-

стерігається зона додатних аномалій відносної вологості в області термічного гребня (рис. 4-а).

Відносна вологість, як ми знаємо, залежить від вмісту водяної пари і температури повітря. Залежність тиску насичення від температури пояснює той факт, що в Арктиці, при низьких температурах спостерігаються більші значення відносної вологості ніж в субтропічних пустелях. Відомо, що відносна вологість завжди висока в Північно-Льодовитому океані, на півночі Атлантичного і Тихого океанів, в антарктичних водах, де вона досягає таких же або майже таких же високих значень, як і в екваторіальній зоні.

Вміст водяної пари повітря в високих широтах незначний, але і температура повітря також низька, особливо взимку. Тому, аномалія, яка спостерігається в районі Новосибірських островів, може бути поясненна наявністю яскраво вираженого гребня тепла. Формування зони підвищених температур в цьому районі призводить до збільшення вологовмісту у повітрі, що інтенсифікує процес хмароутворення та, як наслідок, фіксується зростання значень відносної вологості. Подібні умови спостерігаються взимку над холодними материками середніх і високих широт, наприклад в Сибірі, де відносна вологість в зимові місяці в середньому досягає 75–80%. Над більшою частиною Європи, особливо над її північним-заходом, взимку вона в середньому 80–85%.



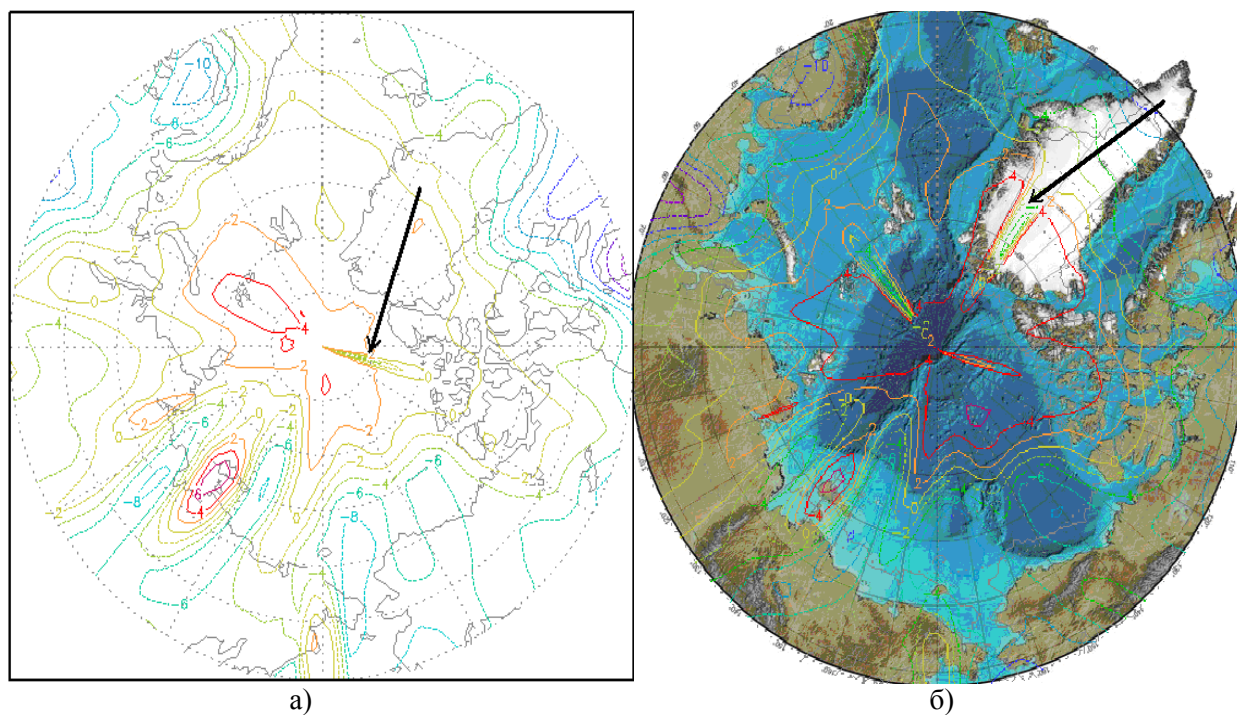


Рис. 3. а) – поле аномалій середньорічних значень відносної вологості повітря (стрілкою показано формування області від’ємних аномалій в морі Бофорта), б) – нанесення на карту Арктичної полярної області з вказаними глибинами та висотами над рівнем моря поля аномалій середньорічних значень відносної вологості повітря на 1000 гПа поверхні за 1983 рік (стрілкою показано формування зони від’ємних аномалій відносної вологості повітря над Гренландією).

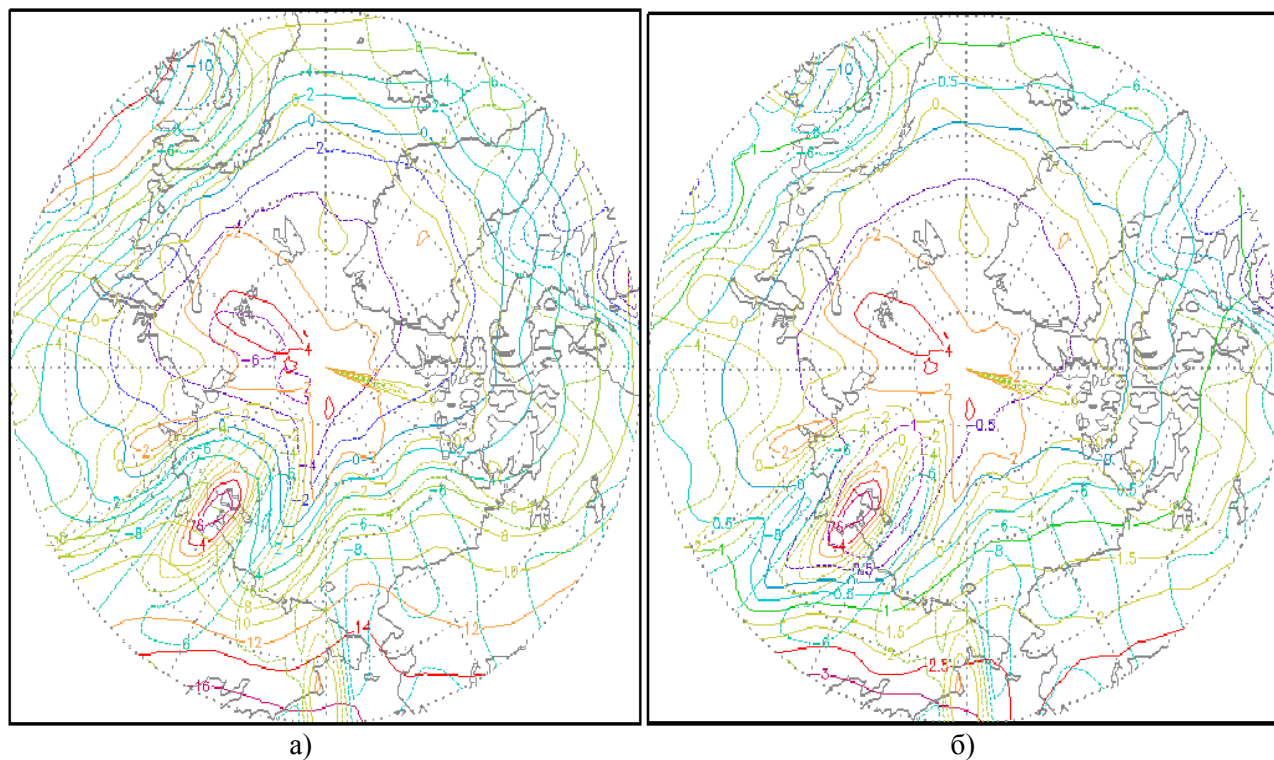


Рис. 4. Нанесення поля аномалій середньорічних значень відносної вологості (%) на  
а) поле аномалій середньорічних значень температури повітря та на  
б) поле аномалій середньорічних значень відношення суміші (г/кг) (2001р.).

При подальшому аналізі аномалій середньорічних значень відношення суміші спостерігається співпадіння зони підвищених значень відносної вологості і зони мінімальних значень відношення суміші в районі Новосибірських островів (рис. 4-б).

Треба пам'ятати, що гребень тепла в районі Новосибірських островів спостерігається тільки в теплий період року, як наслідок формування теплого повітря над Сибірським регіоном, тому, збільшення температури повітря в літку на  $4,0^{\circ}\text{C}$  не дає миттєвого значного приросту значень відношення суміші.

**Висновки.** Аналіз візуалізованих полів температурно-вологісних характеристик Північної полярної області дозволив зробити деякі висновки:

1 Загальний рисунок ізоліній (картина поля), орієнтації улоговин та гребенів, а головне – самі значення аномалій з року в рік повторюються, таким чином, за досліджені 44 роки яскраво виражених змін в полях температурно-вологісних характеристик не спостерігається.

2 Складні взаємодії відбуваються між атмосферою, океаном і криосферою. Формування особливостей циркуляції атмосфери залежать від меридіональних контрастів температури повітря, які, в свою чергу залежать від положення межі полів морського льоду (протягом року морський лід змінює своє положення під дією океанічних течій і вітру, а також у процесі фазових переходів води).

3 Формування двох постійно існуючих термічних улоговин пов'язано як з циркуляційними особливостями в дослідженому регіоні, так і з особливостями підстильної поверхні, що призводить до формування над Новосибірськими островами, в зоні термічного гребеня (дода-

тні аномалії температури повітря) зони від'ємних аномалій відношення суміші.

4 З'ясовано, що формування зони від'ємних аномалій відносної вологості повітря над Гренландією (1968-69; 1975-76; 1982-83; 1989-90; 1996-97рр.) також пов'язане з характером підстильної поверхні й повторюється кожні 7 років, що вказує на вплив Північно-Атлантичного коливання, для якого характерна 5-7 річна періодичність, але підтвердження цього факту потребує нових досліджень.

5 Встановлено, що в районі Новосибірських островів спостерігається зона додатних аномалій відносної вологості в області термічного гребеня. Вміст водяної пари повітря в високих широтах незначний, але і температура повітря також низька, особливо взимку, тому, аномалія, яка спостерігається в районі Новосибірських островів, може бути поясненна наявністю яскраво вираженого гребеня тепла. Формування зони підвищених температур в цьому районі призводить до збільшення вологовмісту у повітрі, що інтенсифікує процес хмароутворення та, як наслідок, фіксується зростання значень відносної вологості.

6 Аналіз сезонних змін полів температури повітря північної полярної області показав, що гребень тепла в районі Новосибірських островів спостерігається тільки в теплий період року, тому збільшення температури повітря в літку на  $4,0^{\circ}\text{C}$  не дає миттєвого значного приросту значень відношення суміші.

Проведені дослідження виявили особливості просторово-часового розподілу температурно-вологісних характеристик повітря на 1000 гПа поверхні. В подальшому необхідно провести дослідження просторово-часового розподілу зазначених характеристик всієї тропосфери Арктичного регіону.

#### Література

1. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, 653-685.
2. Бурова Л.П. Современные изменения интегрального влагосодержания атмосферы Арктики // в сб.: *Мониторинг климата Арктики*. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – С 69-87.
3. Данова Т.Є. Мельник Є.А. Характеристика сучасного температурно-вологісного режиму Арктичного регіону / Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна (серія: географія, екологія, геологія), Харків – 2011. – Вип. 34 (№956) – С. 100-107.
4. Мельник Є.А. Сучасні зміни температурно-вологісного режиму Північної полярної області/Тези доповідей конференції молодих вчених ОДЕКУ. Одеса: ТЕС, 2011. – 192 С.
5. *Климат полярных районов* / Под ред. С. Л. Орвиг. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 444 С.
6. *Климатический режим Арктики на рубеже XX и XXI вв.* / Под ред. Б.А. Крутский. – С.-Петербург: Гидрометеиздат, 1991. – 200 С.
7. Иванов И.М. *Новосибирские острова* / Под ред. Толмачева А.И. – Архангельск: Северное краевое издательство, 1935. – С 23-25.